

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
 федеральное государственное автономное
 образовательное учреждение высшего образования
 «Национальный исследовательский Томский политехнический университет» (ТПУ)

Школа Инженерная школа новых производственных технологий
 Направление подготовки Материаловедение и технологии материалов
 Отделение школы (НОЦ) Отделение материаловедения

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

Тема работы
Влияние упрочняющих частиц карбида титана, введенных в порошковую композицию Fe-Ni, на структуру и свойства спеченных изделий УДК 621.762.2:661.88

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
4Б61	Масалитина Мария Михайловна		31.05.2020

Руководитель ВКР

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
доцент ОМ	Ваулина О.Ю.	к.т.н., доцент		31.05.2020

КОНСУЛЬТАНТЫ ПО РАЗДЕЛАМ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Кашук Ирина Вадимовна	к.т.н., доцент		01.05.2020

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент	Черемискина Мария Сергеевна			02.05.2020

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Руководитель ООП	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
22.03.01 Материаловедение и технологии материалов	Овечкин Б.Б.	К.т.н., доцент		01.06.2020

Томск – 2020 г.

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
федеральное государственное автономное
образовательное учреждение высшего образования
«Национальный исследовательский Томский политехнический университет» (ТПУ)

Школа Инженерная школа новых производственных технологий
Направление подготовки Материаловедение и технологии материалов
Отделение школы (НОЦ) Отделение материаловедения

УТВЕРЖДАЮ:

Руководитель ООП

(Подпись) _____ Б.Б. Овечкин
(Дата)

ЗАДАНИЕ

на выполнение выпускной квалификационной работы

В форме:

Бакалаврской работы

Студенту:

Группа	ФИО
4Б61	Масалитина Мария Михайловна

Тема работы:

Влияние упрочняющих частиц карбида титана, введенных в порошковую композицию Fe-Ni, на структуру и свойства спеченных изделий

Утверждена приказом директора ИШНПТ

Приказ №52-51/с от 21.02.2020

Срок сдачи студентом выполненной работы:

02.06.2020

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

Исходные данные к работе

(наименование объекта исследования или проектирования; производительность или нагрузка; режим работы (непрерывный, периодический, циклический и т. д.); вид сырья или материал изделия; требования к продукту, изделию или процессу; особые требования к особенностям функционирования (эксплуатации) объекта или изделия в плане безопасности эксплуатации, влияния на окружающую среду, энергозатратам; экономический анализ и т. д.).

В данной работе исследовались 4 партии образцов, изготовленных методом порошковой металлургии. Исходные образцы, образец инвара, образцы инвара с добавлением 1%, 5% и 10% карбида титана соответственно. Во все образцы добавлен глицерин в качестве пластификатора.

<p>Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов</p> <p>(аналитический обзор по литературным источникам с целью выяснения достижений мировой науки техники в рассматриваемой области; постановка задачи исследования, проектирования, конструирования; содержание процедуры исследования, проектирования, конструирования; обсуждение результатов выполненной работы; наименование дополнительных разделов, подлежащих разработке; заключение по работе).</p>	<p>Аналитический обзор был проведен по теме железоникелевых сплавов, аномалий инварных сплавов. Целью исследования являлось изучение влияния упрочняющих частиц карбида титана, введенных в порошковую композицию Fe-Ni, на структуру и свойства спеченных изделий. Для выполнения цели были поставлены такие задачи, как: исследование пористости образцов, микроструктуры, проведение рентгеноструктурного анализа, измерение микротвёрдости, а также сравнение процентного содержания карбида титана на прочностные свойства инвара, из чего необходимо сделать выводы по проделанной работе.</p>
<p>Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей)</p>	<p>Презентация ВКР в Power Point</p>
<p>Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы (с указанием разделов)</p>	
<p>Раздел</p>	<p>Консультант</p>
<p>Финансовый менеджмент</p>	<p>Кащук Ирина Вадимовна, к.т.н., доцент</p>
<p>Социальная ответственность</p>	<p>Черемискина Мария Сергеевна, ассистент</p>
<p>Названия разделов, которые должны быть написаны на русском и иностранном языках:</p>	

<p>Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику</p>	<p>01.03.2020</p>
--------------------------------------------------------------------------------------------------------	-------------------

Задание выдал руководитель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
<p>Доцент ОМ</p>	<p>Ваулина О.Ю.</p>	<p>К.т.н., доцент</p>		<p>01.03.2020</p>

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
<p>4Б61</p>	<p>Масалитина Мария Михайловна</p>		<p>01.03.2020</p>

Планируемые результаты обучения по ООП 22.03.01

Код результата	Результат обучения (выпускник должен быть готов)
P1	Применять основные положения и методы гуманитарных наук при решении социально-общественных и профессиональных задач в области материаловедения и технологии материалов
P2	Использовать современное информационное пространство при решении профессиональных задач в области материаловедения и технологии материалов
P3	Разрабатывать, оформлять и использовать техническую документацию, включая нормативные документы по вопросам интеллектуальной собственности в области материаловедения и технологии материалов
P4	Проводить элементарный экономический анализ ресурсов, технологий и производств при решении профессиональных задач в области материаловедения и технологии материалов
P5	Эффективно работать в коллективе на основе принципов толерантности, использовать устную и письменную коммуникации на родном и иностранном языках в мультикультурной среде.
P6	Эффективно выполнять трудовые функции по реализации высокотехнологичных производств материалов и изделий
P7	Проводить комплексную диагностику материалов, процессов и изделий с использованием технических средств измерений, испытательного и производственного оборудования
P8	Готовность к мотивированному саморазвитию, самоорганизации и обучению для обеспечения полноценной социальной и профессиональной деятельности в области материаловедения и технологии материалов
P9	Успешно использовать методы и приемы организации труда, обеспечивающие эффективное, экологически, социально и технически безопасное производство
P10	Использовать принципы производственного менеджмента и управления персоналом в производственной деятельности в области материаловедения и технологии материалов

РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная работа содержит 79 с., 12 рис., 26 табл., 19 форм., 29 источников.

Ключевые слова: инвар, карбид титана, железоникелевые сплавы, микротвердость, пористость, температурный коэффициент линейного расширения, рентгеноструктурный анализ.

Объектом исследования являются 4 партии образцов, изготовленных методом порошковой металлургии. Исходный образец инвара, три образца инвара с добавлением 1%, 5% и 10% карбида титана соответственно. Во все образцы был добавлен глицерин в качестве пластификатора.

Цель работы – исследовать влияние упрочняющих частиц карбида титана, введенных в порошковую композицию Fe-Ni, на структуру и свойства спеченных изделий.

В процессе работы проводились исследования пористости, микроструктуры, измерение микротвёрдости и рентгеноструктурный анализ,.

В результате исследования выявлено изменение прочностных характеристик образцов вследствие увеличения содержания карбида титана.

Степень внедрения: тезисы данной работы отправлены на Международную научно-техническую молодежную конференцию «Перспективные материалы конструкционного и функционального назначения» 21 – 25 сентября 2020 г. Томск, Россия.

Область применения: полученные результаты будут использованы для варьирования свойств инварных изделий.

Экономическая эффективность/значимость работы: данное исследование является наиболее эффективным и востребованным в электронике, криогенных устройствах и измерительных приборах.

В будущем планируется продолжить более детальное изучение данной темы и исследовать другие физические и механические свойства.

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	9
1 Литературный обзор	10
1.1 Железоникелевые сплавы	10
1.2 Свойства инварных сплавов	12
1.3 Применение инварных сплавов	16
1.4 Карбид титана и его свойства	17
1.5 Технологический процесс получения изделий из порошков	19
1.5.1 Смешивание.....	20
1.5.2 Процесс формования	20
1.5.3 Спекание	21
2 Материалы и методы исследования	23
2.1 Материал исследования.....	23
2.2 Методы исследования.....	23
2.2.1 Изготовление образцов.....	23
2.2.2 Подготовка поверхности	24
2.2.3 Растровая электронная микроскопия	25
2.2.4 Металлографические исследования.....	25
2.2.5 Измерение пористости.....	25
2.2.6 Измерение микротвердости	26
2.2.7 Рентгеноструктурный анализ.....	26
3 Структура и свойства спеченных образцов методом порошковой композиции с добавлением карбида титана	27
3.1 Исследование порошковой композиции.....	27
3.2 Изучение пористости.....	28

3.3	Металлографический анализ	31
3.4	Исследование микротвердости	33
3.5	Рентгеноструктурный анализ.....	34
4	Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	38
4.1	Оценка коммерческого потенциала и перспективности проведения научных исследований с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения.....	39
4.1.1	Потенциальные потребители результатов исследования	39
4.1.2	Анализ конкурентных технических решений	40
4.1.3	SWOT-анализ.....	41
4.2	Планирование научно-исследовательских работ	43
4.2.1	Структура работ в рамках научного исследования	43
4.2.2	Определение трудоемкости выполнения работ	44
4.2.3	Разработка графика проведения научного исследования	47
4.3	Бюджет научно-технического исследования (НТИ)	49
4.3.1	Накладные расходы	53
4.4	Определение ресурсной, финансовой, бюджетной эффективности исследования.....	54
5	Социальная ответственность	59
5.1	Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности	61
5.1.1	Правовые нормы трудового законодательства	61
5.1.2	Эргономические требования к правильному расположению и компоновке рабочей зоны	63
5.2	Производственная безопасность	64
5.2.1	Микроклимат	64

5.2.2 Шум	66
5.2.3 Недостаточная освещенность рабочего места	67
5.2.4 Вредные вещества.....	67
5.2.5 Электробезопасность	68
5.3 Экологическая безопасность.....	70
5.4 Безопасность в чрезвычайных ситуациях	71
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	74
СПИСОК ПУБЛИКАЦИЙ	76
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ	77

ВВЕДЕНИЕ

В современном мире наука и промышленность развиваются с каждым днем. Постоянные инновации способствовали быстрому развитию передовых технологий в таких отраслях как автомобилестроение, машиностроение, приборостроение, судостроение, передача энергии, аэрокосмическая техника и других. Каждая из этих отраслей имеет свои направления, и некоторые из них требуют создания высокопрочных конструкционных материалов, обладающих высокими механическими свойствами и множеством функциональных возможностей.

Благодаря постоянному развитию науки и техники, уже существует большое количество металлов и сплавов, обладающих уникальными физическими, механическими, технологическими и тепловыми свойствами. Примером таких материалов являются сплавы на железоникелевой основе, а именно сплавы инварного типа. Данные сплавы с каждым днем набирают популярность благодаря своим уникальным свойствам.

Цель работы – исследовать влияние упрочняющих частиц карбида титана, введенных в порошковую композицию Fe-Ni 36% масс., на структуру и свойства спеченных изделий. Для достижения данной цели необходимо: изучить литературу по данной тематике, провести металлографический и рентгеноструктурный анализ, исследовать пористость образцов, измерить микротвердость образцов, сделать выводы по результатам данной работы.

1 Литературный обзор

1.1 Железоникелевые сплавы

Согласно ГОСТ 5632 - 72 «Стали высоколегированные и сплавы коррозионностойкие, жаростойкие и жаропрочные» к сплавам на железоникелевой основе относятся сплавы, основная структура которых является твердым раствором хрома и других легирующих элементов в железоникелевой основе [1].

Сплавы на основе железа с изменениями концентраций хрома и никеля составляют основу ряда аустенитных нержавеющей сталей, которые широко применяются при высоких температурах. Железоникелевые соединения имеют однофазную внутреннюю структуру, высокую плотность и практически нулевой коэффициент теплового расширения [2].

Существуют области, в которых необходимо применение таких сплавов, которые под действием как высоких, так и низких температур, не должны изменять своих линейных размеров. В таких случаях применяют высоколегированные инвары - сплавы железа с никелем. Инвар – сплав, содержащий 36% Ni и 64% Fe (маркируется 36Н или 36НХ). Особенность данного сплава в том, что он имеет аномально низкий температурный коэффициент линейного расширения (далее ТКЛР) при температурах от -80 до 100°C, по сравнению с никелевыми, хромоникелевыми сталями и алюминиевыми сплавами [3].

Инвар был открыт в 1896 году директором Международного бюро мер и весов профессором Шарлем Гийомом. Он обнаружил, что ферромагнитные гранецентрированные кубические сплавы Fe-Ni при концентрациях около Fe₆₅Ni₃₅ имеют закономерность: магнитные свойства, упругость и коэффициент расширения закономерно изменяются с изменением состава и демонстрируют практически постоянное «инвариантное» тепловое расширение в широком диапазоне, близком к комнатной температуре.

Инварный сплав 36Н относится к прецизионным сплавам, то есть к группе сплавов, с заданными физико-механическими свойствами. Марка сплава 36Н является важнейшим представителем класса материалов с заданным показателем ТКЛР. Основным металлом в составе материала выступает железо, также 36Н включает 35-37% никеля и другие химические элементы, таблица 1. Сплав 36Н при необходимости легируется кремнием, марганцем, ванадием, алюминием, молибденом.

Таблица 1 – Химический состав сплава 36Н

Химические элементы	C	Si	Mn	Ni	S	P	Cr	Mo	V	Al	Cu	Fe
Содержание, %	до 0,05	до 0,3	0,3-0,6	35-37	до 0,015	0,015	до 0,15	до 0,1	до 0,1	до 0,1	до 0,1	64

Совсем недавно к группе инварных сплавов относили только сплавы на основе γ -Fe систем, например: Fe-Ni, Fe-Co, Fe-Pt, Fe-Pd и Fe-Mn. На сегодняшний день свойства инвара обнаружены в большом числе сплавов и соединений с кристаллической структурой: сплавы с ГЦК-решеткой (на основе Fe-Ni), ОЦК-решеткой (Fe-Co), сложной кубической решеткой (фазы Лавеса $ZrFe_2$, P_3MCo_2), с гексагональной решеткой (P_3MFe_{17}). Характеристики инвара могут быть обнаружены в сплавах и соединениях, где железо и вовсе отсутствует (Zr-Zn, Ni-Pt, Ni_3Al). Исследователи разделяют инвары на очень слабые зонные ферромагнетики (Zr-Zn, Ni-Ti, Fe_3Al), слабые зонные ферромагнетики (γ -Fe-Ni) и сильные зонные ферромагнетики (Fe-Pt, Fe-Pd), а также антиферромагнетики (γ -Fe-Mn, Cr-Mn) [4].

Основными материалами инварного типа, широко используемыми в настоящее время, являются классические сплавы Fe-Ni, тройные сплавы Fe-Ni-Co («Супер-Инвар») или Fe-Co-Cr («Нержавеющий инвар»), которые отвечают требованию стабильности размеров при температуре, используются

в биметаллах, прецизионных инструментах, в лазерных источниках и сейсмографических устройствах.

1.2 Свойства инварных сплавов

По характеру физических свойств γ -Fe-Ni сплавы можно разделить на:

1. Никелевые и железо-никелевые сплавы, содержащие $Ni > 70\%$.
2. Средненикелевые сплавы с концентрацией 45% - 70% Ni.
3. Инвары с содержанием 28% - 45% Ni.

Инвар имеет однофазную внутреннюю структуру. Плотность 8130 кг/м³, температура плавления 1425 °С. Инвары характеризуются высокой пластичностью, ферромагнитны, имеют кристаллическую гранецентрированную решетку. При термообработке инвары не упрочняются, при пластической деформации упрочняются слабо. Инвары имеют довольно низкую теплопроводность, почти вдвое меньшую, чем у аустенитных сталей. Низкая теплопроводность особенно важна при использовании их в узлах, где необходимо уменьшить притоки теплоты. Ключевые механические свойства инвара представлены в таблице 2.

Таблица 2 - Механические свойства инваров после закалки в соответствии с ГОСТ 10994-74

Марка инвара	T, °C	σ_b , МПа	$\sigma_{0,2}$, МПа	δ , %	ψ , %	KCU, Дж/см ²
36Н	-196	870	600	-	-	170
	-253	1000	730	51	54	150
36НХ	20	430	260	50	83	280
	-196	850	570	43	72	260
	-253	970	690	50	68	230

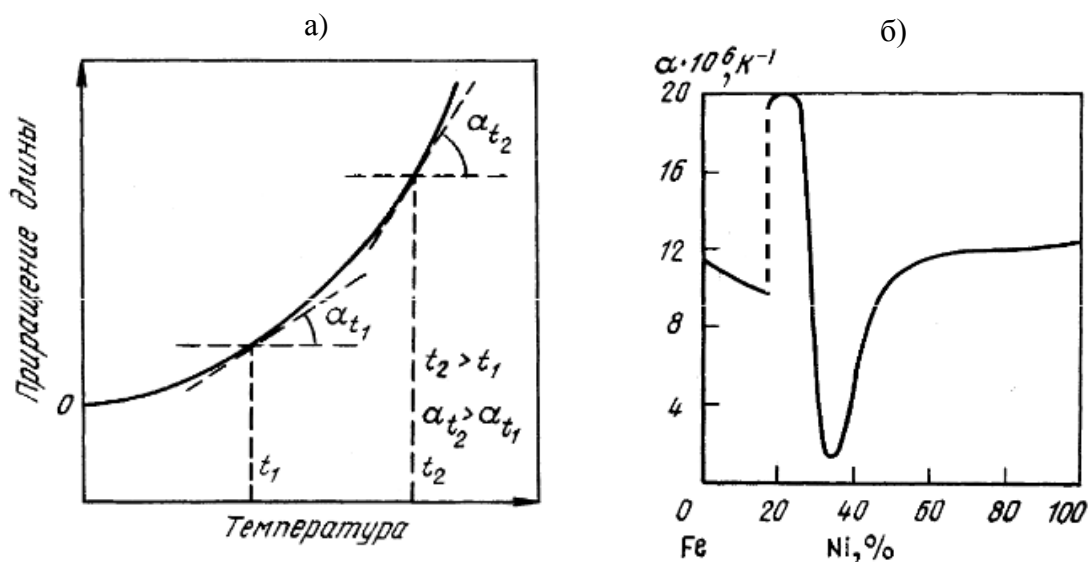
По сравнению с хромоникелевыми аустенитными сталями инвары имеют пониженную коррозионную стойкость. Скорость коррозии инваров в 5-6 раз меньше, чем для углеродистых сталей. Железоникелевые сплавы могут поддаваться обработке резанием и давлением, штамповке и ковке [5,6].

Инварные аномалии

Под инварными аномалиями физических свойств подразумеваются низкие, даже близкие к нулю значения температурного коэффициента линейного расширения (ТКЛР), положительные или нулевые величины температурных коэффициентов модулей упругости (ТКМУ), большие положительные значения магнитострикции парапроцесса, значительное уменьшение температуры магнитного упорядочения и намагниченности под действием давления. В инварах эти параметры, как правило, по абсолютной величине на порядок больше, чем у обычных ферромагнетиков.

Температурный коэффициент линейного расширения

Если компоненты образуют твердый раствор, то, по правилу Курнакова, ТКЛР сплава изменяется по криволинейной зависимости внутри пределов, ограниченных значениями ТКЛР этих чистых компонентов, рисунок 1.



а - кривая расширения сплавов при повышенных температурах; б - температурный коэффициент линейного расширения

Рисунок 1 - Температурные характеристики сплавов Fe-Ni

Как видно из рисунка 1а, с повышением температуры коэффициент линейного расширения α возрастает. Однако инварные сплавы являются

исключением из общих правил. В области концентраций никеля от 30 до 45% для них характерны инварные аномалии, рисунок 1б. Инвар имеет самые низкие значения ТКЛР в диапазоне температур от -80 до +100°C, то есть линейно не расширяется под действием температур. В таблице 3 представлены примеры инварных сплавов с регламентируемым ТКЛР.

Таблица 3 - Состав и свойства Fe-Ni сплавов с регламентированным ТКЛР (ГОСТ 10994-74)

Названия сплавов	Марка сплава	Массовая доля элементов, %			Тепловые свойства	
		Ni	Co	Cu	Интервал температур, °C	$\alpha \cdot 10^6, K^{-1}$
Инвар	36Н	35-37	-	-	20-80	1,5
Суперинвар	32НҚД	31,5-33	3,3-4,2	0,6-0,8	20-100	1
Ковар	29НҚ	28,5-29,5	17-18	-	20-400	4,5-5,2
Платинит	47НД	46,5-47,5	-	4,5-5,5	20-400	9,2-100

Для получения самого низкого значения ТКЛР проводят термическую обработку инваров, а именно закалку при $(850 \pm 20)^\circ\text{C}$ с 30-ти минутной выдержкой в воде. В результате закалки примеси переходят в твердый раствор. При этом частично уменьшаются закалочные напряжения. Холодная деформация также способствует снижению ТКЛР. В результате комбинации этих двух обработок он становится почти равным нулю. Замена никеля на равное количество кобальта и легирование небольшими добавками меди также позволяют снизить ТКЛР инвара. Такой сплав называют суперинваром.

Несмотря на многочисленные попытки, происхождение инвара так и не было полностью понято, и до настоящего времени все еще остается сложной проблемой твердотельного магнетизма [7].

Температурный коэффициент модуля упругости

Для сплавов Fe-Ni инварного состава, помимо низких значений ТКЛР, характерна еще одна аномалия температурного коэффициента модуля упругости (ТКМУ). В любых твердых телах, в том числе металлах, при

нагреве наблюдается уменьшение модуля упругости, являющегося мерой сил межатомных связей. В сплавах с инварным эффектом модуль упругости растёт или остается постоянным с повышением температуры. Характерно, что максимальной величиной ТКМУ обладает тот же Fe-Ni сплав с самым низким значением ТКЛР, содержащий 36% Ni, рисунок 2.

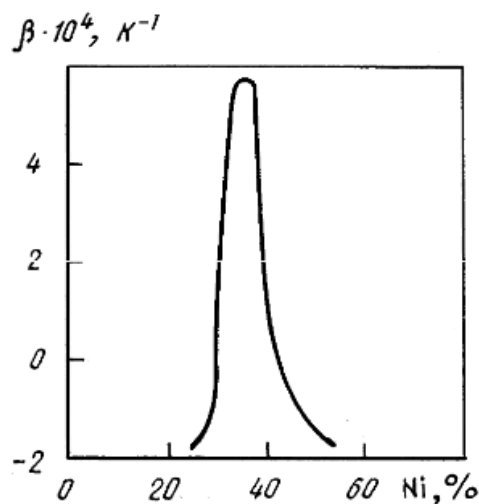


Рисунок 2 - Температурный коэффициент модуля упругости сплавов Fe-Ni

Подбор определенного химического состава позволяет разработать сплавы, модуль упругости которых практически не зависит от температуры. Сплавы, сохраняющие постоянство модуля упругости в широком температурном диапазоне, называют элинварами.

Природа аномальных свойств инвара

Природа аномального изменения ТКЛР инварных сплавов, так же, как и модуля нормальной упругости, имеет ферромагнитное происхождение. В ферромагнитных Fe-Ni сплавах инварного типа велик уровень объёмной магнитострикции – увеличение объёма за счет внутреннего магнитного поля. При нагреве происходит уменьшение магнитострикционной составляющей объёма. Выше температуры точки Кюри магнитострикционные деформации полностью исчезают в связи с переходом металла в парамагнитное состояние.

ТКЛР ферромагнетиков определяется формулой (1):

$$\alpha = \alpha_0 - \Delta \quad (1)$$

где α_0 - нормальный коэффициент линейного расширения, определяемый энергией связи атомов;

Δ - составляющая ТКЛР, обусловленная магнитострикцией парапроцесса.

Нормальная составляющая ТКЛР увеличивается при нагреве в связи с уменьшением энергии связи атомов. Это увеличение компенсируется тем, что магнитострикции уменьшается в результате снижения намагниченности, и происходит усиление тепловых колебаний атомов. В результате объем инварных сплавов практически не меняется при нагреве до температуры точки Кюри. ТКЛР для некоторых сплавов может иметь отрицательные значения. Внешние растягивающие напряжения действуют на Fe-Ni ферромагнетики инварного состава подобно магнитному полю и также способствуют проявлению объемной магнитострикции, обычно называемой в этом случае механострикцией. Высокий уровень объемной магнитострикцией в элинварных сплавах способствует аномальному изменению модуля упругости при нагреве. В формуле (2) описано влияние нагрева на модуль упругости элинварных сплавов:

$$E_t = E_0(1 + \beta t) \quad (2)$$

где E_0 - модуль упругости обычных сплавов;

β – температурный коэффициент модуля упругости в элинварных сплавах.

В элинварных сплавах этот коэффициент всегда имеет положительное значение [8].

1.3 Применение инварных сплавов

Основополагающим свойством инвара является низкий ТКЛР. Благодаря ему инвар широко используется для производства некоторых

деталей приборов, которые не должны менять свои линейные размеры в зависимости от изменений окружающей температуры. Из этого сплава изготавливают различные датчики, преобразователи энергии, одну из составляющих биметаллических элементов. Данный сплав используется в измерительной и экспериментальной аппаратуре. Благодаря своим характеристикам он использовался для производства эталонов длины и массы.

Данный сплав железа с никелем изготавливается в форме проволоки или тонкой плоской ленты. Иногда по требованию заказчика ему придают другую форму. Это могут быть: небольшие по размеру листы или прутки. [9]

Применение инварных сплавов распространяется на область высоких технологий и, в частности, на электронные устройства, потому что их коэффициент теплового расширения является контролируемым.

Инвары широко применяют в криогенных установках при изготовлении жесткозакрепленных трубопроводов сложной пространственной формы, перекачивающих газы. Например, это установки, работающие при температурах до 20К (трубопроводы жидкостных ракетных двигателей). Малая величина коэффициента линейного расширения материала позволяет уменьшить напряжения в трубопроводах и предотвратить возможность их разрушения [10].

Из-за низкой стойкости к коррозии, невысоких механических свойств и малого диапазона рабочих температур не все железоникелевые сплавы используются в производстве. Помимо этого, они являются ферромагнитными сплавами, и в ряде случаев при их применении возникают проблемы по устранению влияния внешних магнитных полей.

1.4 Карбид титана и его свойства

Анализ требований, предъявляемых к ферромагнитному инварному сплаву с не очень высокими прочностными характеристиками и механическими свойствами, позволяет предположить, что можно ввести

упрочняющие частицы для повышения этих свойств, не изменяя при этом ТКЛР. В данном случае в инвар вводится порошок карбида титана [11].

Карбиды переходных металлов IV группы обладают уникальными механическими и термическими свойствами (высокая твердость, тугоплавкость, износостойкость), которые определяют их важную роль в различных отраслях современной техники.

Наиболее распространенными карбидными материалами, используемыми в качестве фаз армирования для различного железа и стальных матриц, являются TiC, WC, VC и другие. Карбид титана (TiC) имеет твердость по Виккерсу от 2895 до 3200 HV. TiC является одним из наиболее подходящих материалов для железных и стальных матриц из-за его доступности, высокой твердости, высокой температуры плавления и хорошей термодинамической стабильности [12].

Никелевые сплавы с карбидом титана, полученные методом порошковой металлургии, должны быть более износостойкие, чем литые эвтектические сплавы, потому что этот метод позволяет вводить гораздо большее количество карбидной фазы в композит.

Карбид титана обладает множеством ценных свойств. Он является тугоплавким соединением с высокой температурой плавления $T_{пл} = 3140^{\circ}\text{C}$. Он также обладает очень высокой микротвердостью 30,4 ГПа, которая остается неизменной даже при нагревании соединения до высоких температур. Среди других карбидов тугоплавких металлов карбид титана обладает наибольшей стойкостью к окислению [13].

Карбиды MC-типа осаждаются на границах зерен аустенита. При добавлении в никелевый сплав определенного количества Ti и Nb, они действуют в качестве ядра гетерогенного зародышеобразования, а также предотвращают огрубение зерна.

Композитная твердость и прочность сплавов увеличивается с увеличением содержания карбида титана и легирующих элементов в матричной фазе. Распределение частиц TiC в матрице однородное.

Гомогенное распределение TiC обеспечивает изотропные механические свойства и равномерное распределение напряжений в спеченном композите.

Таким образом, твердость и прочность композитов увеличивается с увеличением плотности и содержания TiC. С увеличением объемного процента частиц TiC, прочность на изгиб увеличивается.

В связи с искажением решетки инварного сплава с добавлением легирующих элементов коэффициент теплового расширения может уменьшиться. Более того, введение легирующих элементов способствует размножению дислокации в инварном сплаве, приводя к увеличению плотности дислокаций [14].

1.5 Технологический процесс получения изделий из порошков

Требования к исходному порошку

Порошки, используемые в порошковой металлургии, должны состоять из частиц размером 0,01-500 мкм, быть однородными по составу. Необходимо применять чистые исходные порошки с целью получать чистые металлы и сплавы. Также важно знать состав порошков и порошковых сплавов для успешного дальнейшего использования.

Приготовление порошковых смесей

Изготовление порошковых смесей происходит двумя основными способами:

- физико-механическим;
- химико-металлургическим.

В рамках физико-механического метода исходное сырье преобразуется в порошок без нарушения химического состава, обычно посредством механического измельчения, как в виде жидкого расплава, так и в твердом агрегатном состоянии.

В химико-металлургическом методе сырьё преобразуется в порошок после некоторых химических реакций (электролиз, химическое восстановление).

Требования к связке

Связующее, как правило, выполнено в виде многокомпонентных систем и представляют собой смеси органических соединений, основными ингредиентами которых являются натуральные воски или синтетические полимеры. Другие вещества могут быть добавлены для изменения свойств.

1.5.1 Смешивание

Смешивание порошковой шихты – важнейший этап в подготовительном процессе. Смешивание проводят в мельницах, смесителях. Для этого дозированные порции компонентов определенного гранулометрического и химического состава смешивают в указанных устройствах, добавляя в случае необходимости различные технологические присадки, облегчающие процесс прессования и летучие вещества для получения изделий с заданной пористостью. При подготовке шихты из высокотвердых компонентов (вольфрам, молибден, карбиды металлов) в порошки с целью повысить их формуемость добавляют тяжелые спирты, такие как бензин, глицерин и дистиллированную воду.

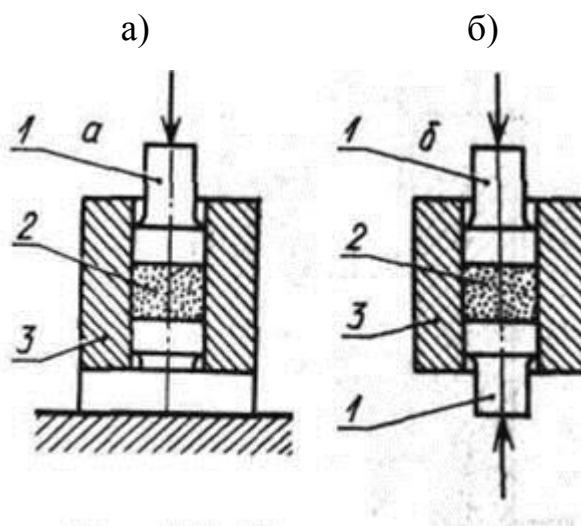
Смешивание порошка и связующего проводят при повышенной температуре, при которой связующее вещество является жидкостью. В этом состоянии порошинки «смачиваются», образуя однородную смесь без каких-либо скоплений частиц. Между связующим и металлом не должно быть никакой химической реакции.

1.5.2 Процесс формования

Формование (прессование) – это процесс получение необходимых заготовок (с требуемой формой, размером и прочностью), который

складывается из подготовки порошков к прессованию, процесса прессования и прокатки порошков. Формование предполагает процесс уплотнения порошка, который сопровождается значительным изменением объёма. Уплотнение происходит на начальных стадиях за счет относительного перемещения частиц порошка и их более плотной упаковки, на дальнейших стадиях - в результате упругой и пластической деформации частиц или их хрупкого разрушения. Прочность заготовки увеличивается с повышением давления прессования и за счет межатомных сил.

Прессование в стальной пресс-форме является наиболее распространенным способом получения заготовок, рисунок 3. Пуансон 1 передает давление на заготовку (порошок) 2, помещенную в пресс-форму (матрицу) 3, и происходит процесс уплотнения.



а – одноосное прессование, б – двухосное прессование

Рисунок 3 – Схема прессования

1.5.3 Спекание

Спекание порошковых материалов — это термическая обработка свободно насыпанного порошка или заранее сформованных заготовок при 0,7

... 0,9 абсолютной температуры плавления металла порошка в однокомпонентной системе или ниже температуры плавления основного металла в многокомпонентной системе порошков. Спекание состоит из нескольких этапов: нагрев изделий до заданной температуры, изотермическая выдержка при этой температуре, охлаждение до комнатных температур.

Во время спекания из заготовки удаляются адсорбированные в них газы, возгоняются нежелательные примеси, снимаются остаточные напряжения в частицах и точках контакта между ними, устраняются оксидные пленки, происходит диффузионное преобразование поверхностного слоя, качественно преобразуется форма пор [15].

2 Материалы и методы исследования

2.1 Материал исследования

В качестве материала исследования был выбран инвар (Invar Fe-36Ni), полученный методом порошковой металлургии из отдельных порошков. В работе рассмотрены образцы, состоящие из исходной инварной порошковой смеси, с добавлением упрочняющих частиц карбида титана в количестве 1%, 5% и 10%, а также был добавлен глицерин в качестве пластификатора. Образцы были получены методом порошковой металлургии. Состав используемой инварной порошковой смеси: 64% железа и 36% никеля.

2.2 Методы исследования

2.2.1 Изготовление образцов

Смешивание

Для получения необходимого состава были подготовлены 4 партии смеси: 1 - исходная порошковая инварная смесь (64% Fe + 36% Ni), 2 - (64% Fe + 36% Ni) и 1 % TiC, 3 - (64% Fe + 36% Ni) и 5 % TiC, 4 - (64% Fe + 36% Ni) и 10% TiC. Во все 4 партии смеси был добавлен глицерин в качестве пластификатора. Смешивание проводилось в смесителе типа «пьяная бочка» в течение 24 часов: проходит сложное пространственное движение, которое приводит к хорошему смешению компонентов внутри сосуда, смешивание компонентов происходит без разрушения или истирания порошинок (отсутствие рабочего тела внутри чаши).

Формование.

Для формования изделия использовалась машина для прессования. При одностороннем прессовании в стальных формах относительно матрицы перемещается только один пуансон (в нашем случае - нижний), который

спрессовывает изделие при определенной нагрузке. Давление прессования – 5 т, что составляет 650 МПа.

Спекание

Спекание происходило в печах при температуре 1300°C в течение 2 часов, с предварительной двухчасовой выдержкой при 600°C. Охлаждались образцы вместе с печью. Полный режим спекания представлен на рисунке 4.

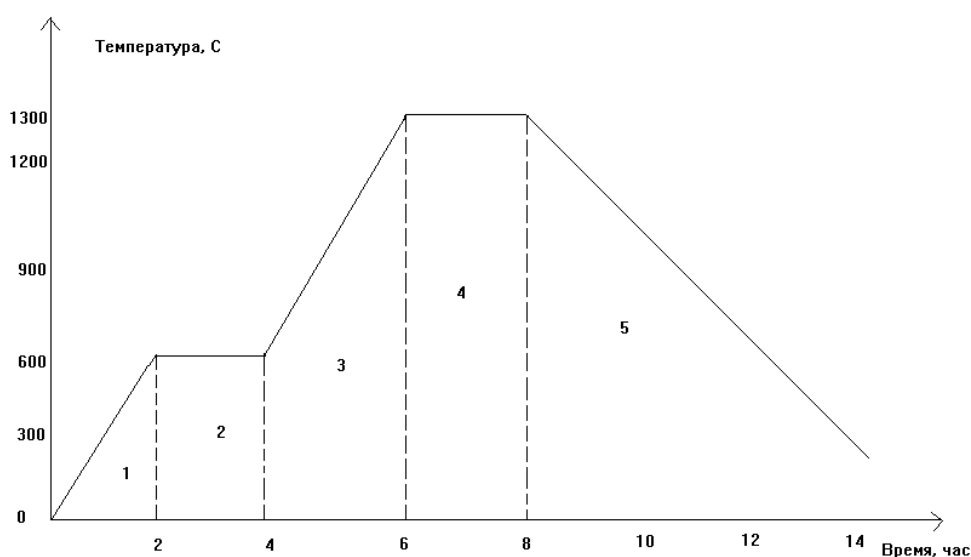


Рисунок 4 – Режим спекания

1. Нагрев в течение 2 часов со скоростью 300°C/час до 600 °C
2. Выдержка при 600°C в течение 2 часов
3. Нагрев под спекание со скоростью 300 °C/час до 1300 °C
4. Выдержка при 1300°C в течение двух часов
5. Охлаждение вместе с печью

2.2.2 Подготовка поверхности

Подготовка поверхности заключалась в следующих этапах:

1. Получение плоской поверхности.
2. Шлифование образцов. Этап шлифования проводился на абразивных бумагах, начиная с более крупных абразивных зёрен, переходя к более

мелким абразивным зёрнам вручную и на шлифовальной установке. Данный этап необходим для удаления царапин, рисок.

3. Полирование образцов было выполнено вручную на сукне при помощи пасты ГОИ и алмазной пасты для получения зеркальной поверхности и удаления рисок на поверхности образца.

4. Травление образцов производилось царской водкой (смесь концентрированной соляной и азотной кислоты).

2.2.3 Растровая электронная микроскопия

Изучение структуры исследовали с помощью растрового электронного микроскопа Vega Tescan 3. Растровый электронный микроскоп (РЭМ) – прибор, предназначенный для получения изображения поверхности объекта с высоким пространственным разрешением, а также информации о составе и строении вещества.

2.2.4 Металлографические исследования

В ходе исследования был использован лабораторный микроскоп «ЛабоМет – И». Данный микроскоп используется для научных, исследовательских целей, а также для лабораторных и учебных работ. Основное предназначение микроскопа заключается в наблюдении и исследовании изображения структуры металлов и других непрозрачных объектов в виде шлифов.

2.2.5 Измерение пористости

Пористость образцов была измерена автоматически в программе SIAMS. В данную программу загружается анализируемое изображение, далее оно переводится в черно-белое и обрабатывается для удаления шумов и помех. Затем это изображение анализируется, и программа выдаёт различные параметры пористости, а также строит гистограммы распределения пор по внешнему диаметру.

2.2.6 Измерение микротвердости

Микротвердость образцов была измерена на микротвердомере «ПМТ-3» при нагрузке 100 г некоторое количество раз для получения большей точности, далее было рассчитано среднее значение микротвердости.

2.2.7 Рентгеноструктурный анализ

Рентгенографические методы применяли для получения информации о кристаллической структуре материала.

Анализ осуществляли с помощью дифрактометра типа ДРОН. Дифрактометр типа ДРОН предназначен для выполнения широкого круга рентгеноструктурных исследований различных материалов. В качестве материала, в котором происходит торможение электронов, использован кобальт (Co).

4 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ»

Студенту:

Группа	ФИО
4Б61	Масалитина Мария Михайловна

Школа	ИШНПТ	Отделение (НОЦ) школы	Отделение материаловедения
Уровень образования	Бакалавриат	Направление/специальность	22.03.01 Материаловедение и технологии материалов

Исходные данные к разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»:

1. Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих	Стоимость материальных ресурсов и специального оборудования определены в соответствии с рыночными ценами г. Томска. Тарифные ставки исполнителей определены штатным расписанием НИ ТПУ.
2. Нормы и нормативы расходования ресурсов	Проект выполняется в соответствии с ГОСТ 14.322-83 «Нормирование расхода материалов».
3. Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования	Отчисления во внебюджетные фонды 30 %

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

1. Оценка коммерческого потенциала инженерных решений (НИ)	Расчет конкурентоспособности SWOT-анализ
2. Формирование плана и графика разработки и внедрения НИ	Структура работ. Определение трудоемкости. Разработка графика проведения исследования.
3. Составление бюджета НИ	Расчет бюджетной стоимости НИ
4. Оценка ресурсной, финансовой, бюджетной эффективности НИ	Интегральный финансовый показатель. Интегральный показатель ресурсоэффективности. Интегральный показатель эффективности.

Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей)

1. Оценка конкурентоспособности НИ
2. Матрица SWOT
3. Диаграмма Ганта НИ
4. Бюджет НИ
5. Основные показатели эффективности НИ

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	01.04.2020
------------------------------------------------------	------------

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Кащук Ирина Вадимовна	к.т.н., доцент		01.04.2020

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
4Б61	Масалитина Мария Михайловна		01.04.2020

Введение

Целью раздела «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение» является определение перспективности и успешности работы, оценка её эффективности, уровня возможных рисков, разработка механизма управления и сопровождения конкретных решений на этапе реализации.

Для достижения обозначенной цели необходимо решить следующие задачи:

- оценить коммерческий потенциал и перспективность проведения научных исследований;
- определить возможные альтернативы проведения научных исследований, отвечающих современным требованиям в области ресурсоэффективности и ресурсосбережения;
- осуществить планирование научно-исследовательских работ;
- определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования.

Тема научно-исследовательской работы: влияние упрочняющих частиц карбида титана, введенных в порошковую композицию Fe-Ni, на структуру и свойства спеченных изделий.

4.1 Оценка коммерческого потенциала и перспективности проведения научных исследований с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения

4.1.1 Потенциальные потребители результатов исследования

В данной научно-исследовательской работе используется инварный сплав с добавлением упрочняющих частиц карбида титана. Данный материал обладает уникальными свойствами, такими как высокая прочность и низкий коэффициент линейного расширения. Благодаря этим свойствам материал

применяется в электронике, в криогенных установках, а именно в трубопроводах, и в измерительных приборах.

4.1.2 Анализ конкурентных технических решений

Исследуемый материал относится к современным материалам, в связи с чем не имеет большого количества аналогов. Для оценки возможности противостояния конкуренции на рынке был выбран материал

Основным отечественным конкурентом нашего материала является высокопрочный инварный сплав RU2154692C1. Разработчиком данного патента является Центральный научно-исследовательский институт черной металлургии им. И.П. Бардина.

Анализ конкурентных технических решений проведен с помощью оценочной карты, приведенной в таблице 6. Экспертная оценка производится по техническим характеристикам и экономическим показателям по 5-ти бальной шкале, где 1 – наиболее слабая позиция, а 5 – наиболее сильная. Общий вес всех показателей в сумме должен составлять 1.

Таблица 6 - Оценочная карта для сравнения конкурентных технических решений (разработок)

Критерии оценки	Вес критерия	Баллы		Конкурентоспособность	
		Б _{к1}	Б _{к2}	К _{к1}	К _{к2}
1	2	3	4	5	6
Технические критерии оценки ресурсоэффективности					
1. Микротвёрдость	0,4	4	3	2	1,6
2. Пористость	0,3	3	4	1,2	0,9
3. Время травления	0,1	1	1	0,1	0,1
Экономические критерии оценки ресурсоэффективности					
4. Конкурентоспособность продукта	0,1	5	5	0,5	0,5
5. Финансирование научной разработки	0,09	5	5	0,4	0,4
Итого	1	18	18	4,2	3,5

Анализ конкурентных технических решений определяется по формуле (3):

$$K = \sum B_i \cdot \Gamma_i \quad (3)$$

где K – конкурентоспособность научной разработки или конкурента;

B_i – вес показателя (в долях единицы);

Γ_i – балл i -го показателя.

Проведенный анализ конкурентных технических решений показал, что наш материал является наиболее эффективным (4,2) и предпочтительным по сравнению с отечественным конкурентом.

4.1.3 SWOT-анализ

SWOT – анализ позволяет оценить факторы и явления способствующие или препятствующие достижению успеха научного исследования. Он проводится в несколько этапов.

Таблица 7 – SWOT анализ научно-исследовательской работы

Сильные стороны	Возможности во внешней среде
<p>С1: Высокий коэффициент использования материала;</p> <p>С2: Возможность изготовления изделий сложной формы;</p> <p>С4: Экологичность технологии;</p> <p>С6: Возможность полной автоматизации производства изделий</p>	<p>В1. Возможность использования в разных отраслях;</p> <p>В2. Актуальность работы не только в России, но и за рубежом;</p> <p>В3: Появление большего спроса с развитием технологии.</p>
Слабые стороны	Угрозы внешней среды
<p>Сл1: Ограничения параметров изделий (массы, толщины стенки, длины)</p> <p>Сл2: Несовершенство оборудования</p>	<p>У1: Недостаточное финансирование</p> <p>У2: Дополнительный контроль со стороны государства</p>

Следующий этап состоит в выявлении соответствия сильных и слабых сторон научно-исследовательского проекта внешним условиям окружающей среды.

Таблица 8 – Связь сильных сторон с возможностями

	C1	C2	C3	C4
B1	+	+	+	+
B2	-	+	+	-
B3	+	+	+	-

При анализе таблицы 8 можно выявить следующие сильные стороны и возможности: B1C1C2C3C4, B2C2C3, B3C1C2C3.

Таблица 9 – Связь слабых сторон с возможностями

	Сл1	Сл2	Сл3
B1	+	+	-
B2	-	+	+
B3	-	+	+

При анализе таблицы 9 можно выявить следующие слабые стороны и возможности: B1Сл1Сл2, B2Сл2Сл3, B3Сл2Сл3.

Таблица 10 – Связь сильных сторон с угрозами

	C1	C2	C3	C4
У1	+	-	-	+
У2	-	+	+	-
У3	-	+	-	-

При анализе таблицы 10 можно выявить следующие угрозы исследования: У1С1, У2С2С3, У3С2.

Таблица 11 – Связь слабых сторон с угрозами

	Сл1	Сл2	Сл3
У1	+	+	+
У2	-	+	+
У3	+	+	+

При анализе таблицы 11 можно выявить следующие слабые стороны исследования: У1Сл1Сл2Сл3, У2Сл1Сл2Сл3, У3Сл3.

По полученным данным можно сделать следующие выводы - возможности, совместно с сильными сторонами, благоприятствуют развитию спроса на проводимое исследование.

Возможные угрозы: более качественные исследования и производства инварного сплава.

При окончании исследования, коммерческий потенциал довольно велик, так как результаты исследования позволят усовершенствовать практически любое оборудование, эксплуатируемое в агрессивных средах, сделает возможным создание новых композиционных материалов и покрытий. Также стоит отметить, что исследование, проводимое в лаборатории, является ресурсоэффективным, так как позволяет определить характеристики материала и его фазовый состав с минимальными затратами.

4.2 Планирование научно-исследовательских работ

4.2.1 Структура работ в рамках научного исследования

Планирование НТИ – это составление календарных планов выполнения комплексов работ, определение денежных средств, необходимых для их реализации, а также трудовых и материальных ресурсов. Информация об участниках проекта представлена в табличной форме, таблица 12.

Таблица 12 – Рабочая группа НИР

№ п/п	ФИО, основное место работы, должность	Роль в проекте	Функции
1	Ваулина О.Ю., доцент ОМ	Руководитель НИР	Отвечает за реализацию проекта, координирует деятельность участников проекта
2	Масалитина М.М., бакалавр ОМ	Инженер	Отвечает за выполнение экспериментальной части

Для определения трудоемкости выполнения проекта составим перечень основных этапов работы написания ВКР. Разработанный список задач и производимых работ, в рамках проектирования, а также распределение исполнителей по этим работам, представлен в виде таблицы 13.

Таблица 13 – Перечень этапов, работ и распределение исполнителей

Основные этапы	№ раб	Содержание работ	Должность исполнителя
Разработка технического задания	1	Составление и утверждение технического задания	Руководитель НИР
Выбор направления исследований	2	Подбор и изучение материалов по теме	Инженер
	3	Выбор направления исследований	Руководитель НИР Инженер
	4	Календарное планирование работ по теме	Руководитель НИР
Теоретические и экспериментальные исследования	5	Подготовка порошковой смеси	Инженер
	6	Формование и спекание	Руководитель НИР Инженер
	7	Исследования образцов	Инженер
	8	Сравнение полученных данных с теоретическими	Руководитель НИР Инженер
Обобщение и оценка результатов, оформление отчёта по НИР	9	Оценка эффективности полученных результатов	Руководитель НИР Инженер
	10	Составление отчета	Инженер

4.2.2 Определение трудоемкости выполнения работ

Расчёт трудоёмкости осуществляется опытно-статическим методом, основанным на определении ожидаемого времени выполнения работ в человеко-днях по формуле (4):

$$t_{ожі} = \frac{3t_{\min i} + 2t_{\max i}}{5} \quad (4)$$

где $t_{ожі}$ – ожидаемая трудоемкость выполнения i -ой работы чел.-дн.;

$t_{\min i}$ – min возможная трудоемкость выполнения заданной i -ой работы, чел.-дн.;

$t_{\max i}$ – max возможная трудоемкость выполнения заданной i -ой работы, чел.-дн.

Исходя из ожидаемой трудоемкости работ, определяется продолжительность каждой работы в рабочих днях T_p , учитывающая параллельность выполнения работ несколькими исполнителями, по формуле (5).

$$T_{pi} = \frac{t_{ожi}}{Ч_i} \quad (5)$$

где T_{pi} – продолжительность одной работы, раб. дн.;

$t_{ожi}$ – ожидаемая трудоемкость выполнения одной работы, чел.-дн.

$Ч_i$ – численность исполнителей, выполняющих одновременно одну и ту же работу на данном этапе, чел.

Длительность каждого из этапов работ из рабочих дней следует перевести в календарные дни. Для этого необходимо воспользоваться формулой (6):

$$T_{ki} = T_{pi} \cdot k_{\text{кал}} \quad (6)$$

где T_{ki} – продолжительность выполнения i -й работы в календарных днях;

T_{pi} – продолжительность выполнения i -й работы в рабочих днях;

$k_{\text{кал}}$ – коэффициент календарности.

Коэффициент календарности определяется по формуле (7):

$$k_{\text{кал}} = \frac{T_{\text{кал}}}{T_{\text{кал}} - T_{\text{вых}} - T_{\text{пр}}} \quad (7)$$

где $T_{\text{кал}}$ – количество календарных дней в году;

$T_{\text{вых}}$ – количество выходных дней в году;

$T_{\text{пр}}$ – количество праздничных дней в году.

$$k_{\text{кал}} = \frac{T_{\text{кал}}}{T_{\text{кал}} - T_{\text{вых}} - T_{\text{пр}}} = \frac{365}{365 - 104 - 10} = 1,45$$

Рассчитанные значения в календарных днях по каждой работе T_{ki} необходимо округлить до целого числа.

Все рассчитанные значения необходимо свести в таблицу 14.

Таблица 14 - Временные показатели проведения научного исследования







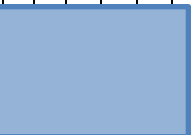


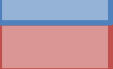
№ работы	Исполнители	Продолжительность работы			T_{pi} , календарные дни	T_{ki} , календарные дни
		t_{min} , чел-дни	t_{max} , чел-дни	$t_{ож}$, чел-дни		
1	Руководитель НИР	2	5	3	2	2
2	Инженер	22	27	24	24	8
3	Руководитель НИР Инженер	1	2	1	0,5	2
4	Руководитель НИР	2	4	3	2	2
5	Инженер	3	5	4	2	3
6	Руководитель НИР Инженер	2	5	3	3	3
7	Инженер	3	6	4	4	45
8	Руководитель НИР Инженер	2	4	3	3	11
9	Руководитель НИР Инженер	1	2	1	0,5	2
10	Инженер	3	6	4	4	26
Итого						104

4.2.3 Разработка графика проведения научного исследования

В качестве графика можно использовать диаграмму Ганта – горизонтальный ленточный график, на котором работы по теме представляются протяженными во времени отрезками, характеризующимися датами начала и окончания выполнения данных работ.

График строится по таблице 14 с разбивкой по месяцам и неделям за период времени всех работ. При этом работы на графике выделяются различной штриховкой в зависимости от исполнителей, ответственных за тот или иной этап работы.

Таблица 15 - Календарный план-график проведения НИ (Диаграмма Ганта)

Эт ап	Вид работы	Исполнители	T _к	Февраль	Март	Апрель	Май	Июнь
1	Составление и утверждение технического задания	Руководитель НИР	2					
2	Подбор и изучение материалов по теме	Инженер	8					
3	Выбор направления исследований	Руководитель НИР Инженер	2					
4	Календарное планирование работ по теме	Руководитель НИР	2					
5	Подготовка порошковой смеси	Инженер	3					
6	Формование и спекание	Руководитель НИР Инженер	3					
7	Исследования образцов	Инженер	45					
8	Сравнение полученных данных с теоретическими	Руководитель НИР Инженер	11					
9	Оценка эффективности полученных результатов	Руководитель НИР Инженер	2					
10	Составление отчета	Инженер	26					

Руководитель



Инженер



График выполнения работ по дням составлен с учетом всех выходных, предпраздничных и праздничных дней. Общее количество рабочих дней - 104, которые требуются на выполнение данного проектирования.

4.3 Бюджет научно-технического исследования (НТИ)

Затраты представляют собой все производственные формы потребления денег и измеримых в денежном измерении материальных ценностей, которые служат непосредственной производственной целью.

Рассчитываем смету расходов, включая затраты на приобретение необходимого оборудования для разработки проекта и текущие расходы. Затраты, образующие себестоимость продукции (работ, услуг), группируются в соответствии с их экономическим содержанием по следующим элементам:

Материальные затраты отражают стоимость приобретенных материалов и сырья, которые входят в состав вырабатываемой продукции, образуя ее основу, или являются необходимыми компонентами при изготовлении продукции.

Материальные затраты, необходимые для разработки образцов, заносятся в таблицу 16.

Таблица 16 - Материальные затраты

Наименование	Единица измерения	Количество	Цена за ед., руб.	Затраты на материалы, (З _м), руб.
Порошок железа	кг	1	120	450
Порошок карбида титана	кг	1	2300	460
Абразивная бумага	Шт	1	100	500
Царская водка	Мл	1000	1050	20
Бумага	Шт	100	0,2	200
Итого				1630

Из затрат на материальные ресурсы, включаемых в себестоимость продукции, исключается стоимость возвратных отходов.

Таблица 17 – Материальные затраты

Наименование статей	Количество, шт.	Итого затраты, руб.	Поставщик услуг
Весы аналитические	1	1350000	НИ ТПУ
Стол лабораторный, до 250 кг	1		
Мельница планетарная АГО-2	1		
Микроскоп ЛабоМет	1		
Микротвердомер ПМТ-3	1		
Электрическая печь	1		

Так как предполагается использовать оборудование по контракту со специализирующейся на этом организацией, расчёт амортизации не нужен.

Амортизация

Затраты на амортизацию оборудования рассчитываются по формуле (8):

$$З_{об} = (Ц \cdot F_{\phi}) / (F_{н} \cdot F_{сс}) \quad (8)$$

где Ц – цена оборудования, руб.;

$F_{н}$ – номинальный фонд времени (рабочее время в году), ч;

$F_{сс}$ – срок службы оборудования, год;

F_{ϕ} – фактическое время занятости оборудования, ч.

$F_{н} = 251 \text{ день} = 6024 \text{ ч.}$

Вычисленная амортизация оборудования представлена в таблице 18.

Таблица 18 - Амортизационные расчеты

№	Наименование оборудования	Цена единицы оборудования, тыс. руб.	F_{cc} , год	F_{ϕ} , ч.	$З_{об}$, руб.
1	Центробежно-планетарная мельница АГО-2	240000	5	2,5	16,7
2	Компьютер	25000	10	1020	354,2
3	TESLA BS500	3000000	30	1	14
4	Печь для ТО	49500	40	2	0,4
Итого					385,3

Основная заработная плата исполнителей темы

Данный раздел включает основную заработную плату работников, непосредственно занятых выполнением НТИ, включая премии, доплаты.

Основная заработная плата ($З_{осн}$) руководителя рассчитывается по формуле (9):

$$З_{осн} = З_{дн} \cdot T_p \quad (9)$$

где $З_{осн}$ – основная заработная плата одного работника;

T_p – продолжительность работ, выполняемых научно-техническим работником, раб. Дн., таблица 4.9;

$З_{дн}$ – среднедневная заработная плата работника, руб.

Среднедневная заработная плата рассчитывается по формуле (10):

$$З_{дн} = \frac{З_{м} \cdot M}{F_{д}} = \frac{31000 \cdot 10,4}{246} = 1310,6 \text{ руб.} \quad (10)$$

где $З_{м}$ – месячный должностной оклад работника, руб.;

M – количество месяцев работы без отпуска в течение года:

Должностной оклад работника за месяц определяется

Для руководителя по формуле (11):

$$Z_m = Z_{mc} \cdot (1 + k_{np} + k_d)k_p = 26300 \cdot (1 + 0,3 + 0,2) \cdot 1,3 = 51285 \text{ руб.} \quad (11)$$

Для инженера по формуле (12):

$$Z_m = Z_{mc} \cdot (1 + k_{np} + k_d)k_p = 17000 \cdot (1 + 0,3 + 0,2) \cdot 1,3 = 33150 \text{ руб.,} \quad (12)$$

где Z_{mc} – заработная плата, согласно тарифной ставке, руб.;

k_{np} – премиальный коэффициент, равен 0,3;

k_d – коэффициент доплат и надбавок, равен 0,2;

k_p – районный коэффициент, равен 1,3 (для г. Томска).

Таблица 19 - Баланс рабочего времени

Показатели рабочего времени	Руководитель	Студент
Календарное число дней	365	365
Количество нерабочих дней: - выходные дни - праздничные дни	52/14	104/14
Потери рабочего времени: - отпуск - невыходы по болезни	48/7	24/8
Действительный годовой фонд рабочего времени	244	215

Таблица 20 - Расчёт основной заработной платы

Исполнители	$Z_{tc},$ руб.	k_{np}	k_d	k_p	$Z_m,$ руб.	$Z_{дн},$ руб.	$T_p,$ раб. дн.	$Z_{осн},$ руб.
Руководитель	31000	0,3	0,2	1,3	46501	1280	15	19200
Студент-дипломник	9893	0,3	0,2	1,3	19291	796	55	43780
Итого $Z_{осн}$	62980							

Дополнительная заработная плата НИ

Дополнительная заработная плата определяется

Для руководителя по формуле (13):

$$Z_{доп} = k_{доп} \cdot Z_{осн} = 0,15 \cdot 60124,4 = 9018,66 \text{ руб.} \quad (13)$$

Для инженера по формуле (14):

$$Z_{доп} = k_{доп} \cdot Z_{осн} = 0,15 \cdot 113301,5 = 16995,225 \text{ руб.} \quad (14)$$

где $k_{доп}$ – коэффициент дополнительной заработной платы (на стадии проектирования принимаем равным 0,15).

Отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления)

Отчисления во внебюджетные фонды определяется

Для руководителя по формуле (15):

$$\begin{aligned} Z_{внеб} &= k_{внеб}(Z_{осн} + Z_{доп}) = 0,3 \cdot (60124,4 + 9018,66) \\ &= 20742,9 \text{ руб.} \end{aligned} \quad (15)$$

Для инженера по формуле (16):

$$\begin{aligned} Z_{внеб} &= k_{внеб}(Z_{осн} + Z_{доп}) = 0,3 \cdot (113301,5 + 16995,225) \\ &= 39089,02 \text{ руб.} \end{aligned} \quad (16)$$

где $k_{внеб}$ – коэффициент отчислений на уплату во внебюджетные фонды (пенсионный фонд, фонд ОМС и социальное страхование). Общая ставка взносов составляет в 2020 году – 30% (ст. 425, 426 НК РФ).

4.3.1 Накладные расходы

Накладными расходами учитываются прочие затраты организации, такие как: печать и ксерокопирование проектировочных документов, оплата услуг связи.

Накладные расходы в целом рассчитываются по формуле (17):

$$\begin{aligned}
 Z_{\text{накл}} &= (\text{сумма статей } 1 \div 5) \cdot k_{\text{нр}} = \\
 &= (1630 + 385,3 + 62980 + 26013,9 + 59831,9) \cdot 0,16 = \\
 &\quad 24134,6 \text{руб.}
 \end{aligned}
 \tag{17}$$

где $k_{\text{нр}}$ – коэффициент, учитывающий накладные расходы. Величина коэффициента принимается равной 0,16.

На основании полученных данных по отдельным статьям затрат составляется калькуляция плановой себестоимости НИ (название темы) по форме, приведенной в таблице 21.

Таблица 21 – Группировка затрат по статьям

Статьи							
Сырье, материалы	Амортизация	Основная заработная плата	Дополнительная заработная плата	Отчисления на социальные нужды	Итого без накладных расходов	Накладные расходы	Итого бюджетная стоимость
1630	385,3	62980	26013,9	59831,9	150840,8	24134,6	174975,4

4.4 Определение ресурсной, финансовой, бюджетной эффективности исследования

Интегральный показатель финансовой эффективности

Интегральный показатель финансовой эффективности научного исследования получают в ходе оценки бюджета затрат двух вариантов исполнения научного исследования. Для этого наибольший интегральный показатель реализации технической задачи принимается за базу расчета (как знаменатель), с которым соотносятся финансовые значения по всем вариантам исполнения.

В качестве аналога был выбран высокопрочный инварный сплав RU2154692C1, Центральный научно-исследовательский институт черной металлургии им. И.П. Бардина.

Интегральный финансовый показатель разработки определяется по формуле (18):

$$I_{\text{финр}}^{\text{исп.}i} = \frac{\Phi_{pi}}{\Phi_{\text{max}}} \quad (18)$$

где $I_{\text{финр}}^{\text{исп.}i}$ – интегральный финансовый показатель разработки;

Φ_{pi} – стоимость i -го варианта исполнения;

Φ_{max} – максимальная стоимость исполнения научно-исследовательского проекта (в т.ч. аналоги).

$$I_{\text{финр}}^{\text{исп.}1} = \frac{\Phi_{p1}}{\Phi_{\text{max}}} = \frac{174975,4}{200000} = 0,87$$

$$I_{\text{финр}}^{\text{исп.}2} = \frac{\Phi_{p2}}{\Phi_{\text{max}}} = \frac{200000}{200000} = 1$$

Полученная величина интегрального финансового показателя разработки отражает соответствующее численное увеличение бюджета затрат разработки в размах (значение больше единицы), либо соответствующее численное удешевление стоимости разработки в размах (значение меньше единицы, но больше нуля).

Интегральный показатель ресурсоэффективности

Интегральный показатель ресурсоэффективности вариантов исполнения объекта исследования можно определить по формуле (19):

$$I_{pi} = \sum a_i \cdot b_i \quad (19)$$

где I_{pi} – интегральный показатель ресурсоэффективности для i -го варианта исполнения разработки;

a_i – весовой коэффициент i -го варианта исполнения разработки;

b_i^a, b_i^p – балльная оценка i -го варианта исполнения разработки, устанавливается экспертным путем по выбранной шкале оценивания;

n – число параметров сравнения.

Расчет интегрального показателя ресурсоэффективности
рекомендуется проводить в форме таблицы 22.

Таблица 22 - Сравнительная оценка характеристик вариантов исполнения проекта

Критерии	Весовой коэффициент параметра	Исп.1	Исп.2
1. Способствует росту производительности труда пользователя	0,1	3	3
2. Удобство в эксплуатации (соответствует требованиям потребителей)	0,15	2	2
3. Помехоустойчивость	0,15	3	2
4. Энергосбережение	0,20	3	3
5. Надежность	0,25	4	3
6. Материалоемкость	0,15	4	3
ИТОГО	1	3,25	2,7

По формуле (19):

$$I_{p-ucn1} = 3*0,1 + 2*0,15 + 3*0,15 + 3*0,2 + 4*0,25 + 4*0,15 = 3,25;$$

$$I_{p-ucn2} = 3*0,1 + 2*0,15 + 2*0,15 + 3*0,2 + 3*0,25 + 3*0,15 = 2,7;$$

Интегральный показатель эффективности вариантов исполнения разработки ($I_{ucni.}$) определяется на основании интегрального показателя ресурсоэффективности и интегрального финансового показателя по формуле (20):

$$I_{ucn.1} = \frac{I_{p-ucn1}}{I_{ucn.1}^{финр}} = \frac{3,25}{0,549} = 5,9 \quad (20)$$

Сравнение интегрального показателя эффективности вариантов исполнения разработки позволит определить сравнительную эффективность проекта, таблица 24, и выбрать наиболее целесообразный вариант из

предложенных. Сравнительная эффективность проекта (\mathcal{E}_{cp}) определяется по формуле (21):

$$\mathcal{E}_{cp} = \frac{I_{исп.1}}{I_{исп.2}} = \frac{5,9}{2,7} = 2,18 \quad (21)$$

Таблица 23 - Сравнительная эффективность показателей оценки ресурсоэффективности

№ п/п	Показатели	Исп.1	Исп.2
1	Интегральный финансовый показатель разработки	0,87	1
2	Интегральный показатель ресурсоэффективности разработки	3,25	2,7
3	Интегральный показатель эффективности	5,9	2,7
4	Сравнительная эффективность вариантов исполнения	0,93	2,18

Значения интегральных показателей эффективности позволяют выбрать более эффективный вариант решения поставленной в бакалаврской работе технической задачи с позиции финансовой и ресурсной эффективности. Наиболее эффективна бакалаврская разработка [17].

Вывод по разделу

В ходе разработки данной главы выпускной квалификационной работы были решены следующие задачи:

1. Проведена оценка коммерческого потенциала и эффективности проведения научного исследования на примере SWOT-анализа.
2. Составлен план научного исследования, в котором разработан календарный план. Общее содержание работ для проведения исследования составило 10 позиций. Для построения таблицы временных показателей проведения НИР был рассчитан коэффициент календарности. С помощью данных показателей был разработан календарный - план график проведения НИР по теме.

3. Рассчитан бюджет научного исследования. Как видно из проведенного анализа общая стоимость настоящего научного исследования 174975,4 руб.

Исходя из полученных результатов вышеприведенного экономического обоснования, ряд задач, поставленных для осуществления цели данного раздела «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение» выполнены. Значение интегрального финансового показателя НИ составляет 0,87, что является показателем того, что НИ является финансово выгодным, по сравнению с аналогами. Значение интегрального показателя ресурсоэффективности НИ составляет 3,25;

Значение интегрального показателя эффективности НИ составляет 5,9 и является наиболее высоким. Это означает, что данное НИ является наиболее эффективным и востребованным в электронике, криогенных устройствах и измерительных приборах.

СПИСОК ПУБЛИКАЦИЙ

1. Приняты в печать тезисы на Международную научно-техническую молодежную конференцию «Перспективные материалы конструкционного и функционального назначения» 21 – 25 сентября 2020 г. Томск, Россия.

2. Исследование влияния упрочняющих частиц карбида титана, введенных в порошковую композицию Fe-Ni на структуру и свойства спеченных изделий / Е. В. Дегтярева, М. М. Масалитина, Е.В. Абдульменова, О.Ю. Ваулина // Современные материалы и технологии новых поколений : сборник научных трудов II Международного молодежного конгресса, г. Томск, 30 сентября - 5 октября 2019 г. — Томск : Изд-во ТПУ, 2019. - [С. 27-29].